



DEUTSCHES
PATENTAMT

- (21) Aktenzeichen:
(22) Anmeldetag:
(43) Offenlegungstag:

P 31 24 668.0-13
24. 6. 81
13. 1. 83

DE 3124668 A1

(71) Anmelder:
Daimler-Benz AG, 7000 Stuttgart, DE

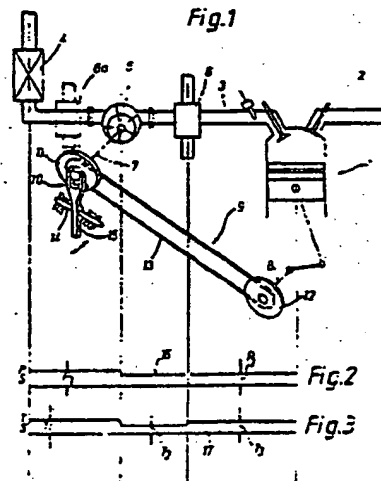
(72) Erfinder:
Abthoff, Jörg, Dipl.-Ing. Dr., 7067 Plöderhausen, DE;
Schuster, Hans-Dieter, Dipl.-Ing., 7060 Schorndorf, DE;
Schmidt, Karlwalter, Dipl.-Ing., 7058 Weinstadt, DE

Eigentum

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

(54) »Gemischverdichtende, fremdgezündete Viertakt-Brennkraftmaschine, insbesondere für Kraftfahrzeuge«

Eine gemischverdichtende, fremdgezündete Viertakt-Brennkraftmaschine (1, 19), insbesondere für Kraftfahrzeuge, umfaßt eine ein Drosselorgan (5) aufweisende und von der Ansaugluft durchströmte Ansaugleitung (3, 18), ein das Drosselorgan (5) beeinflussendes willkürlich betätigbares Leistungsregelorgan, insbesondere das Fahrpedal eines Kraftfahrzeuges, sowie eine Kraftstoffeinspritzanlage (Fig. 1). Zur Nutzung der kinetischen Energie der Ansaugluft und zur Vereinfachung der Luftmengenmessung der Kraftstoffeinspritzanlage wird das Drosselorgan in der Ansaugleitung (3, 18) durch eine von der Ansaugluft unter Leistungsabgabe beaufschlagte Expansionsmaschine gebildet, deren zeitliches Ansaugvolumen in Abhängigkeit von der Fahrpedalstellung des Kraftfahrzeuges beeinflussbar ist. (31 24 668)



DE 3124668 A1

Patentansprüche

1. Gemischverdichtende, fremdgezündete Viertakt-Brennkraftmaschine, insbesondere für Kraftfahrzeuge, mit einer ein Drosselorgan aufweisenden und von der Ansaugluft durchströmten Ansaugleitung, einem das Drosselorgan beeinflussbaren willkürlich betätigbaren Leistungsregelorgan, insbesondere dem Fahrpedal eines Kraftfahrzeuges, und einer Kraftstoffeinspritzanlage,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
daß das Drosselorgan in der Ansaugleitung (3,18) durch eine von der Ansaugluft unter Leistungsabgabe beaufschlagte Expansionsmaschine (5) gebildet wird, deren zeitliches Ansaugvolumen in Abhängigkeit von der Fahrpedalstellung des Kraftfahrzeuges beeinflussbar ist.
2. Brennkraftmaschine nach Anspruch 1,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
daß die Expansionsmaschine (5) eine Flügelzellenpumpe ist.
3. Brennkraftmaschine nach den Ansprüchen 1 und 2,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
daß der Expansionsmaschine (5) ein die Welle (7) der Expansionsmaschine (5) und die Kurbelwelle (8) der Brennkraftmaschine (1,19) verbindendes Getriebe (9) zugeordnet ist, das durch eine von der Fahrpedalstellung beeinflussbare Verstelleinrichtung (10) stufenlos verstellbar ist.

4. Brennkraftmaschine nach Anspruch 3,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
daß auf der Welle (7) der Expansionsmaschine (5) ein Geber
(37) angeordnet ist, der mit einem die Drehzahl der Expansions-
maschine (5) messenden und eine elektronische Kraftstoff-Ein-
spritzanlage (38) steuernden Sensor (39) zusammenwirkt.
5. Brennkraftmaschine nach Anspruch 3,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
daß die Welle (7) der Expansionsmaschine (5) durch eine An-
triebseinrichtung (28) mit einer Kraftstoffpumpe (29) in
Triebverbindung steht.
6. Brennkraftmaschine nach Anspruch 5,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
daß die Antriebseinrichtung (28) durch ein auf der Welle (7)
der Expansionsmaschine (5) drehfest angeordnetes Zahnrad (30)
und ein mit diesem in Eingriff stehendes, auf der Welle (31)
der Kraftstoffpumpe (29) drehfest angeordnetes Zahnrad (32)
gebildet wird.
7. Brennkraftmaschine nach Anspruch 5,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
daß die Kraftstoffpumpe (29) den Kraftstoff durch eine Kraft-
stoff-Zuführungsleitung (33) direkt Einspritzventilen (34)
zuführt, und die Kraftstoff-Zuführungsleitung (33) durch ein
Rückflußventil (35) mit einer Kraftstoff-Rückführleitung (36)
verbindbar ist.
8. Brennkraftmaschine nach Anspruch 1, wobei der Brennkraftma-
schine ein Abgasturbolader zugeordnet ist,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
daß der Verdichter (20) des Abgasturboladers in der Ansaug-
leitung (18) stromauf der Expansionsmaschine (5) angeordnet ist

9. Brennkraftmaschine nach den Ansprüchen 1 und 8,
dadurch gekennzeichnet,
daß in der Ansaugleitung (3,18) stromab der Expansionsma-
schine (5) ein Wärmetauscher (6) angeordnet ist, in dem die
Ansaugluft mit einem Wärmedium, z.B. den Abgasen der Brenn-
kraftmaschine (1,19), in Wärmetausch tritt.
10. Brennkraftmaschine nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
daß in der Ansaugleitung (3,18) stromauf der Expansionsma-
schine (5) ein Wärmetauscher (6a) angeordnet ist, in dem die
Ansaugluft mit einem Wärmedium, z.B. den Abgasen der Brenn-
kraftmaschine (1), in Wärmetausch tritt.
11. Brennkraftmaschine nach Anspruch 1, wobei in der Ansauglei-
tung der Brennkraftmaschine ein Luftfilter angeordnet ist,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Expansionsmaschine (5) stromab des Luftfilters (4)
angeordnet ist.

"Gemischverdichtende, fremdgezündete
Viertakt-Brennkraftmaschine, insbe-
sondere für Kraftfahrzeuge"

Die Erfindung bezieht sich auf eine gemischverdichtende, fremdgezündete Viertakt-Brennkraftmaschine nach dem Oberbegriff des Patentanspruches 1.

Durch die DE-OS 28 35 785 ist eine Brennkraftmaschine mit einer Luftansaugleitung bekannt, in der eine von einem Fahrpedal willkürlich betätigbare Drosselklappe angeordnet ist. Die infolge der Druckdifferenz im Bereich der Drosselklappe durch den gedrosselten Querschnitt der Luftansaugleitung geförderte Luft wird dabei beim engsten Querschnitt auf ihre höchste Geschwindigkeit beschleunigt. Aufgrund eines fehlenden Diffusors stromab der Drosselklappe wird die kinetische Energie der Luft nicht genutzt, sondern als mikroturbolente Bewegung in Form von Wärme der Luft zugeführt.

Eine Kraftstoff-Einspritzanlage für gemischverdichtende, fremdgezündete Viertakt-Brennkraftmaschinen ist durch die DE-OS 23 51 203 bekannt. In deren Luftansaugleitung sind ein Meßorgan und eine willkürlich betätigbare Drosselklappe

.5.

hintereinander angeordnet. Das Meßorgan wird proportional der durchströmenden Luftmenge gegen eine Rückstellkraft bewegt und dabei das bewegliche Teil eines in der Kraftstoffleitung angeordneten Mengenteilerventiles für die Zumessung einer der Luftmenge proportionalen Kraftstoffmenge verstellt. Diese Rückstellkraft wird durch Druckflüssigkeit erzeugt, die kontinuierlich unter konstantem, jedoch willkürlich änderbarem Druck durch eine Druckleitung gefördert, einen die Rückstellkraft übertragenden Steuerschieber beaufschlagt. Der Druck der Flüssigkeit ist durch mindestens ein in Abhängigkeit von Brennkraftmaschinen-Kenngrößen gesteuertes Drucksteuerventil veränderbar.

Durch Kraftstoff-Einspritzanlagen dieser Art kann für alle Betriebsbedingungen der Brennkraftmaschine selbsttätig ein günstiges Kraftstoff-Luft-Gemisch geschaffen werden, so daß der Kraftstoff möglichst vollständig verbrannt wird. Dadurch wird bei höchstmöglicher Leistung der Brennkraftmaschine bzw. kleinstmöglichem Kraftstoffverbrauch die Entstehung von giftigen Abgasen vermieden oder stark vermindert. Nachteilig bei diesen Kraftstoff-Einspritzanlagen ist jedoch deren erheblicher und diffiziler Bauaufwand.

Aufgabe der Erfindung ist es, eine gemischverdichtende, fremdgezündete Brennkraftmaschine der gattungsgemäßen Art zu schaffen, bei der die Ansaugarbeit des Verbrennungsmotors genutzt wird und die Kraftstoff-Einspritzanlage, insbesondere deren Luftmengenmessung, vereinfacht wird.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch die gekennzeichneten Merkmale des Patentanspruches 1 gelöst.

Weitere Merkmale der Erfindung beinhalten die Unteransprüche.

Durch die Anordnung der Expansionsmaschine in der Ansaugleitung kann die bei der Ausdehnung des Energieträgers Luft in der Expansionsmaschine verrichtete Arbeit sowie die aufgrund des Luftdurchsatzes in der Expansionsmaschine verrichtete Arbeit nutzbar gemacht werden, wodurch der effektive Wirkungsgrad der Brennkraftmaschine verbesserbar wird. Dies insbesondere durch die Zuführung der von der Expansionsmaschine erzeugten Arbeit durch das stufenlos verstellbare Getriebe auf die Kurbelwelle der Brennkraftmaschine. Durch die fahrpedalbeeinflusste Verstellung des Getriebes kann die Expansionsmaschine in Abhängigkeit von dem zeitlichen Ansaugvolumen der Brennkraftmaschine und der Expansionsmaschine auch als Verdichter wirken. Darüber hinaus kann die Expansionsmaschine aufgrund der Luftexpansions-Kühlung als Kühlanlage verwendet werden. Durch die Kühlung der Luft in der Expansionsmaschine kann die Verdichtung der Brennkraftmaschine bei Einhaltung des gleichen Zündwinkelabstandes erhöht werden. Die Luftmengenmessung durch die Expansionsmaschine einerseits und insbesondere der Antrieb der Kraftstoffpumpe durch die Expansionsmaschine andererseits ermöglicht die Schaffung einer Kraftstoff-Einspritzanlage mit relativ kleinem Bauvolumen sowie geringen Herstellungskosten und geringem Gewicht.

In der Zeichnung ist die Erfindung in vier Ausführungsbeispielen dargestellt. Es zeigt

Fig. 1 die Anordnung der Expansionsmaschine an einer Saug-Brennkraftmaschine,

. 7 .

Fig. 2 eine Druckverlaufkurve für den Arbeitsdruck P_S der Brennkraftmaschine der Fig. 1 im Teillastbetrieb,

Fig. 3 eine Temperaturverlaufkurve für die Arbeitstemperatur T_S der Brennkraftmaschine der Fig. 1 im Teillastbetrieb,

Fig. 4 die Anordnung der Expansionsmaschine an einer Brennkraftmaschine mit Abgas-turbolader,

Fig. 5 eine Druckverlaufkurve für den Arbeitsdruck P_{VV} der Brennkraftmaschine der Fig. 4 im Vollastbetrieb,

Fig. 6 eine Druckverlaufkurve für den Arbeitsdruck P_{VT} der Brennkraftmaschine der Fig. 4 im Teillastbetrieb,

Fig. 7 eine Temperaturverlaufkurve für die Arbeitstemperatur T_{VV} der Brennkraftmaschine der Fig. 4 im Vollastbetrieb,

Fig. 8 eine Temperaturverlaufkurve für die Arbeitstemperatur T_{VT} der Brennkraftmaschine der Fig. 4 im Teillastbetrieb,

.8.

Fig. 9 die Anordnung der Expansionsmaschine in einer Saug-Brennkraftmaschine mit nicht dargestelltem stufenlosem Getriebe, wobei die Expansionsmaschine zusätzlich eine Kraftstoffpumpe antreibt, und

Fig. 10 die Anordnung der Expansionsmaschine an einer Saug-Brennkraftmaschine mit nicht dargestelltem stufenlosem Getriebe, wobei die Expansionsmaschine zusätzlich einen mit einem Sensor zusammenwirkenden Geber antreibt.

In dem Ausführungsbeispiel der Fig. 1 bis 3 ist mit 1 eine Brennkraftmaschine bezeichnet, die eine Abgasleitung 2 und eine Ansaugleitung 3 aufweist. Die Ansaugleitung 3 umfaßt ein Luftfilter 4, eine Expansionsmaschine 5, z. B. eine Flügelzellenpumpe, und einen Wärmetauscher 6. Der Expansionsmaschine 5 ist ein die Welle 7 der Expansionsmaschine 5 und die Kurbelwelle 8 der Brennkraftmaschine 1 verbindendes Getriebe 9 zugeordnet, das durch eine von der Stellung eines willkürlich betätigbaren Leistungsregelorgans, z.B. der Stellung eines nicht gezeigten Fahrpedals eines Kraftfahrzeuges beeinflussbare Verstelleinrichtung 10 stufenlos verstellbar ist. In der gezeigten Ausführung der Erfindung wird das Getriebe durch ein an sich bekanntes Riemenscheibengetriebe gebildet, das eine auf der Welle 7 der Expansionsmaschine 5 drehfest angeordnete Riemenscheibe 11, eine auf der Kurbelwelle 8 der Brennkraftmaschine 1 drehfest angeordnete Riemenscheibe 12

.9.

und einen diese Riemenscheiben 11 und 12 miteinander verbindenden Riemen 13 umfaßt. Zur Verstellung des Umschlingungswinkels des Riemens 13 auf den Riemenscheiben 11 und 12 sind deren Seitenteile gegeneinander axial verschiebbar. Diese Verschiebung wird durch die Verstelleinrichtung 10 eingeleitet, die durch eine ortsfeste Achse 14 und einem fahrpedalabhängig verschwenkbar auf dieser angeordnetem und mit der Riemenscheibe 11 in Wirkverbindung stehendem Schwenkhebel 15 gebildet wird. Eine Druckverlaufkurve der Brennkraftmaschine 1 im Teillastbetrieb ist in der Fig. 2 mit 16 und eine Temperaturverlaufkurve der Brennkraftmaschine 1 im Teillastbetrieb ist in der Fig. 3 mit 17 bezeichnet.

Nach der Inbetriebnahme der Brennkraftmaschine 1 ist deren Last in bekannter Weise durch das Fahrpedal beeinflußbar und das zeitliche Ansaugvolumen der Expansionsmaschine wird durch die fahrpedalabhängige Verstellung der Übersetzung des Getriebes 9 geregelt. Beim Beschleunigen der Brennkraftmaschine 1 aus dem Leerlauf heraus in den Teillastbetrieb wird entsprechend der Getriebeübersetzung die Drehzahl und somit das zeitliche Ansaugvolumen der Expansionsmaschine erhöht. Die Ansaugluft durchströmt die Ansaugleitung 3 stromauf der Expansionsmaschine 5 mit einem Druck P_1 und einer Temperatur T_1 . In der Expansionsmaschine 5 expandiert die Ansaugluft und ihr Druck fällt auf den Wert P_2 und ihre Temperatur fällt auf den Wert T_2 ab. Durch das Expandieren der Ansaugluft in der Expansionsmaschine 5 sowie des Ansaugluftdurchsatz in der Expansionsmaschine 5 wird eine Arbeit erzeugt, die über das Getriebe 9 der Kurbelwelle 8 der Brennkraftmaschine 1 zugeführt wird. Stromab der Expansionsmaschine 5 tritt die An-

saugluft in einen Wärmetauscher 6 mit einem Wärmemedium, z.B. den Abgasen der Brennkraftmaschine, in Wärmetausch, wodurch bei gleichbleibendem Druck P_2 die Temperatur der Ansaugluft auf den Wert P_3 erhöht wird. Dieser Wärmetausch verhindert ein Vereisen der abgekühlten Ansaugluft. Mit der Temperatur T_3 und dem Druck P_2 wird nun die Ansaugluft den Brennräumen der Brennkraftmaschine 1 zugeführt.

Wird die Brennkraftmaschine 1 in den Vollastbereich beschleunigt, wird über die Änderung der Getriebeübersetzung das zeitliche Arbeitsvolumen der Expansionsmaschine 5 soweit erhöht, daß dies dem maximalen zeitlichen Arbeitsvolumen der Brennkraftmaschine 1 entspricht.

In einer erweiterten Ausführungsform der Erfindung nach den Fig. 1 bis 3 ist es möglich, das Fahrpedal in eine hinter der Vollaststellung liegende Stellung zu verschwenken. Durch eine entsprechende Änderung der Übersetzung des Getriebes ist dann das zeitliche Arbeitsvolumen der Expansionsmaschine größer als das maximale zeitliche Arbeitsvolumen der Brennkraftmaschine im Saugbetrieb. Der Brennkraftmaschine wird nun von der Expansionsmaschine verdichtete Ansaugluft zugeführt, so daß die Brennkraftmaschine als aufgeladene Brennkraftmaschine arbeitet. Die Druckverlaufkurve für den Arbeitsdruck würde sich in diesem Betriebsbereich der Brennkraftmaschine dann gegenüber der Druckverlaufkurve 16 dahingehend ändern, daß der Druck P_2 größer ist als der P_1 . In dem Ausführungsbeispiel der Fig. 4 bis 8 werden für gleiche Teile wie bei dem Ausführungsbeispiel der Fig. 1 bis 3 gleiche Bezugszeichen verwendet.

. 11 .

In diesem Ausführungsbeispiel der Fig. 4 bis 8 ist gegenüber dem Ausführungsbeispiel der Fig. 1 bis 3 zusätzlich in eine Ansaugleitung 18 einer Brennkraftmaschine 19 ein Verdichter 20 und in einer Abgasleitung 21 der Brennkraftmaschine 19 eine Abgasturbine 22 angeordnet. Der Verdichter 20 ist mit der Abgasturbine auf einer gemeinsamen Welle 23 gelagert und wird von der Abgasturbine 22 angetrieben. Eine Druckverlaufkurve der Brennkraftmaschine 19 im Vollastbetrieb ist in der Fig. 5 mit 24, eine Druckverlaufkurve der Brennkraftmaschine 19 im Teillastbetrieb ist in der Fig. 6 mit 25, eine Temperaturverlaufkurve der Brennkraftmaschine 19 im Vollastbetrieb ist in der Fig. 7 mit 26 und eine Temperaturverlaufkurve der Brennkraftmaschine 19 im Teillastbetrieb ist in der Fig. 8 mit 27 bezeichnet.

Nach der Inbetriebnahme der Brennkraftmaschine 19 ist deren Last in bekannter Weise durch das Fahrpedal beeinflussbar und das zeitliche Ansaugvolumen der Expansionsmaschine wird durch die fahrpedalabhängige Verstellung der Übersetzung des Getriebes 9 geregelt. Beim Beschleunigen der Brennkraftmaschine 19 aus dem Leerlauf heraus in den Teillastbetrieb wird entsprechend der Getriebeübersetzung die Drehzahl und somit das zeitliche Ansaugvolumen der Expansionsmaschine erhöht. Die Ansaugluft durchströmt die Ansaugleitung 18 stromauf des Verdichters 20 mit einem Druck P_3 und einer Temperatur T_4 . Von dem Verdichter 20, in dem der Druck der Ansaugluft auf den Wert P_6 und die Temperatur der Ansaugluft auf den Wert T_8 ansteigt, wird die Ansaugluft der Expansionsmaschine 5 zugeführt. In dieser expandiert die Ansaugluft und der Druck fällt auf den Wert P_7 und die Temperatur fällt auf den Wert T_9 ab. Durch das Expandieren der Ansaugluft in der Expansions-

. 12.

maschine 5 sowie dem Ansaugluftdurchsatz in der Expansionsmaschine 5 wird eine Arbeit erzeugt, die über das Getriebe 9 der Kurbelwelle 8 der Brennkraftmaschine 19 zugeführt wird. Stromab der Expansionsmaschine 5 tritt die Ansaugluft in einem Wärmetauscher 6 mit einem Wärmemedium, z.B. den Abgasen der Brennkraftmaschine 19, in Wärmetausch, wodurch bei gleichbleibendem Druck P_7 die Temperatur der Ansaugluft auf den Wert T_{10} erhöht wird. Dieser Wärmetausch verhindert ein Vereisen der abgekühlten Ansaugluft. Mit der Temperatur T_{10} und dem Druck P_7 wird nun die Ansaugluft den Brennräumen der Brennkraftmaschine 19 zugeführt.

Im Vollastbetrieb der Brennkraftmaschine 19 durchströmt die Ansaugluft nach entsprechender Änderung der Übersetzung des Getriebes 9 die Ansaugleitung 18 stromauf des Verdichters 20 mit einem Druck P_3 und einer Temperatur T_4 . Von dem Verdichter 20, in dem der Druck der Ansaugluft auf den Wert P_4 und die Temperatur der Ansaugluft auf den Wert T_5 ansteigt, wird die Ansaugluft der Expansionsmaschine 5 zugeführt. In dieser expandiert die Ansaugluft und der Druck fällt auf den Wert P_5 und die Temperatur fällt auf den Wert T_6 ab. Stromab der Expansionsmaschine 5 tritt die Ansaugluft in den Wärmetauscher 6 mit dem Wärmemedium in Wärmetausch, wodurch bei gleichbleibendem Druck P_5 die Temperatur der Ansaugluft auf den Wert T_7 abfällt. Mit der Temperatur T_7 und dem Druck P_5 wird nun die Ansaugluft den Brennräumen der Brennkraftmaschine 19 zugeführt.

Bei den in den Fig. 9 und 10 gezeigten Ausführungsbeispielen der Erfindung findet die Brennkraftmaschine 1 der Fig. 1 mit der entsprechenden Anwendung der Expansionsmaschine 5 Verwen-

13.

dung, ohne daß das Getriebe 9 in den Zeichnungen dieser Ausführungsbeispiele dargestellt ist.

Bei dem Ausführungsbeispiel der Fig. 9 steht die Welle 7 der Expansionsmaschine 5 durch eine Antriebseinrichtung 28 mit einer Kraftstoffpumpe 29 in Triebverbindung. Die Antriebseinrichtung 28 wird z.B. durch ein auf der Welle 7 der Expansionsmaschine 5 drehfest angeordnetes Zahnrad 30 und ein mit diesem in Eingriff stehendes, auf der Welle 31 der Kraftstoffpumpe 29 drehfest angeordnetes Zahnrad 32 gebildet. Die Kraftstoffpumpe 29 fördert Kraftstoff aus einem Kraftstoffbehälter 42 durch eine Kraftstoff-Zuführungsleitung 33 direkt zu Einspritzventilen 34 und die Kraftstoff-Zuführungsleitung 33 ist durch ein Rückflußventil 35 mit einer Kraftstoff-Rückführungsleitung 36 verbindbar.

Bei laufender Brennkraftmaschine 1 wird durch die Expansionsmaschine 5 über deren Welle 7, der Antriebseinrichtung 28 und der Welle 31 die Kraftstoffpumpe 29 angetrieben. Bei dieser ist ebenso wie bei der Expansionsmaschine 5 das zeitliche Arbeitsvolumen proportional der Drehzahl, so daß die von der Kraftstoffpumpe 29 durch die Kraftstoff-Zuführungsleitung 33 den Einspritzventilen zugeführte Kraftstoffmenge dem Luftdurchsatz in der Expansionsmaschine 5 proportional ist. Durch entsprechende Abstimmung der Drehzahlen und der zeitlichen Arbeitsvolumina der Expansionsmaschine 5 und der Kraftstoffpumpe 29 ist eine konstante Gemischzusammensetzung erreichbar. Es ist zweckmäßig, dieses Gemisch als relativ fettes Gemisch mit $\lambda = 0,65$ auszuführen. Dadurch wird es möglich, durch eine gesteuerte Kraftstoff-Rückflußmenge durch die Kraftstoff-Rückführungsleitung das Gemisch auf $\lambda > 0,65$ abzumagern. Die

. 14.

Steuerung der Kraftstoff-Rückflußmenge erfolgt durch das von einer an sich bekannten, in dem Abgasstrom der Brennkraftmaschine angeordnete λ -Sonde (Sauerstoff-Meßfühler) beeinflusste Rückflußventil 35, das den Durchflußquerschnitt der Kraftstoff-Rückführleitung 36 entsprechend steuert.

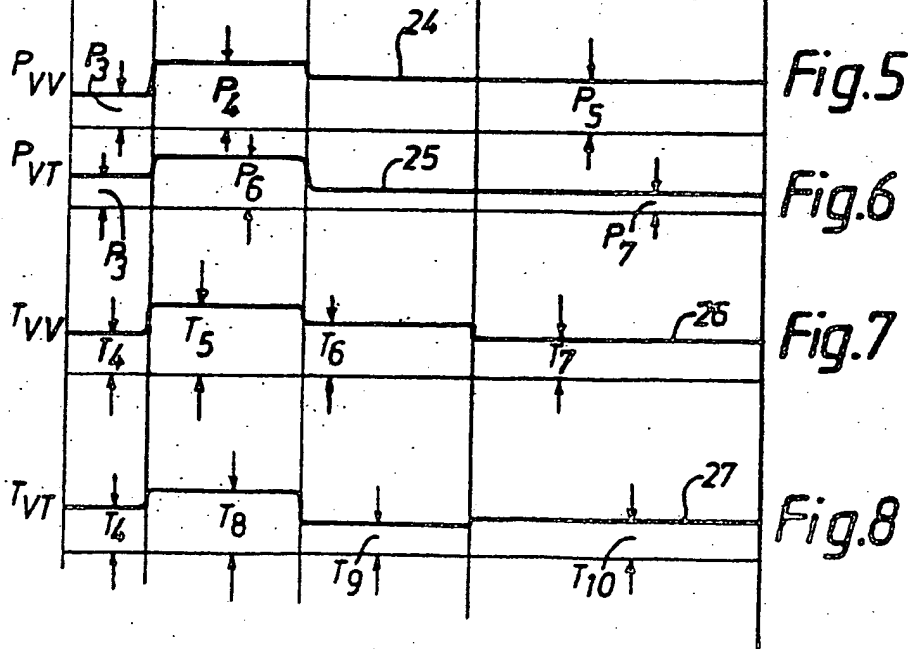
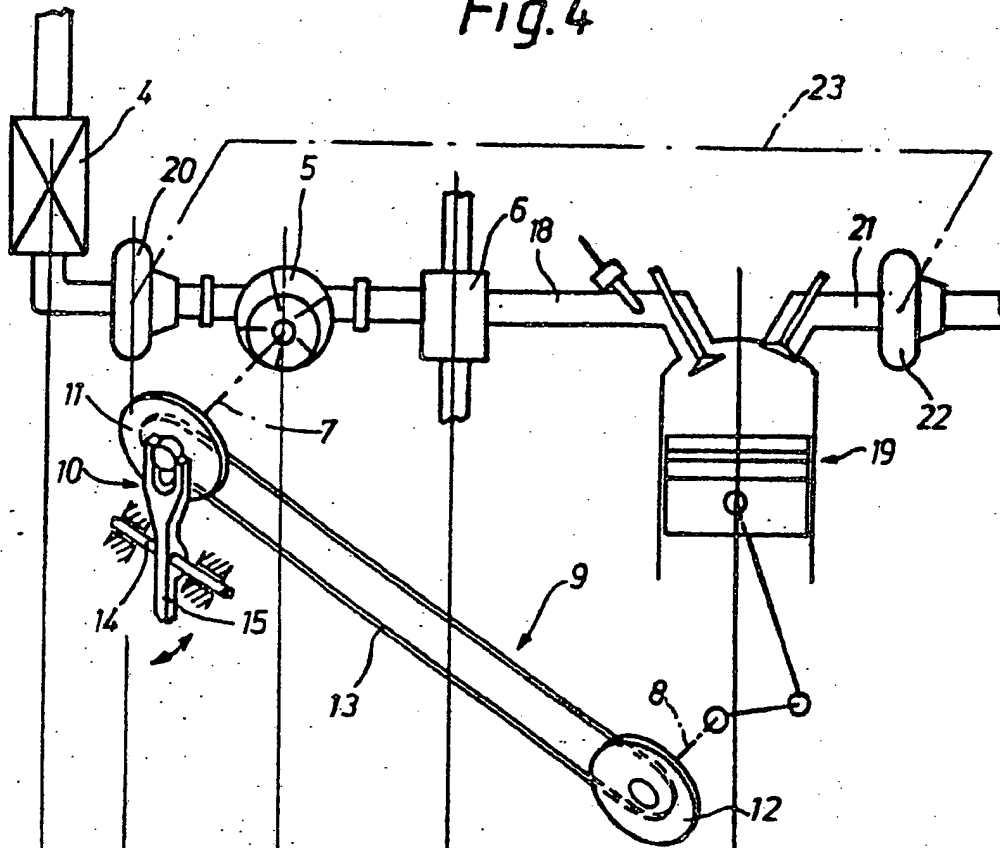
Bei dem Ausführungsbeispiel der Fig. 10 ist auf der Welle 7 der Expansionsmaschine 5 ein Geber 37 angeordnet, der mit einem die Drehzahl der Expansionsmaschine 5 messenden und eine elektronische Kraftstoff-Einspritzanlage 38 steuernden Sensor 39 zusammenwirkt. Von der elektronischen Kraftstoff-Einspritzanlage 38 wird durch eine Kraftstoffleitung 40 Einspritzventilen 41 Kraftstoff zugeführt.

Bei laufender Brennkraftmaschine 4 wird die Drehzahl der Expansionsmaschine 5 über den Geber 37 von dem Sensor 39 der elektronischen Kraftstoff-Einspritzanlage 38 zugeleitet. Da bei der Expansionsmaschine 5 das zeitliche Arbeitsvolumen proportional der Drehzahl ist, kann den Einspritzventilen 41 durch die Kraftstoffleitung 40 von der elektronischen Kraftstoff-Einspritzanlage 38 eine dem Luftdurchsatz der Expansionsmaschine 5 entsprechende Kraftstoffmenge zugeführt werden.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung der Fig. 1, 9 und 10 ist es möglich, zur Vermeidung der Vereisung der Expansionsmaschine anstelle des Wärmetauschers 6 einen strichpunktartig dargestellten Wärmetauscher 6a stromauf der Expansionsmaschine 5 in dem Saugrohr anzuordnen, in dem die Ansaugluft mit einem Wärmemedium, z.B. den Abgasen der Brennkraftmaschine, in Wärmetausch tritt.

Fig.3

Fig.4



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☒ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.